



УДК 624.048
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-33-39

Научная статья



Регулирование параметров собственных колебаний пространственного каркаса здания в программном комплексе ЛИРА

М. П. Котенко ✉, И. Ф. Развеева , С. А. Иванченко, А. А. Федчишена

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ maria.kotencko2016@yandex.ru

Аннотация

Введение. В последние годы многие исследователи заинтересовались применением различных типов метода конечных элементов для изучения проблем связанные с колебанием зданий. Наряду с применением метода конечных элементов для анализа собственных колебаний в последние десятилетия успешно используется физическое моделирование. Масштабированное физическое моделирование и экспериментальные подходы также подходят для решения сложных проблем. Основная цель нашего исследования заключается в следующем: выявить зависимость динамических характеристик каркаса здания от геометрических характеристик элементов этого каркаса. Задача данного исследования: анализ и обзор по теме, определение научного дефицита, проведение численных и экспериментальных исследований, формулирование выводов, моделирование, анализ результатов. Научная новизна состоит в том, что полученные данные по собственным колебаниям каркаса здания в зависимости от геометрических характеристик элементов этого каркаса можно использовать в качестве оптимального соотношения жесткостей. Практическая значимость исследования состоит в разработке конкретных аналитических взаимосвязей для выбора варианта проектного решения каркаса здания с оптимальным параметром собственных частот в практике проектирования и строительства.

Материалы и методы. Создание и расчет конечно-элементной модели был выполнен в программном комплексе ЛИРА.

Результаты исследования. В результате расчета были получены частоты и периоды собственных колебаний каркаса здания.

Обсуждение и заключения. По результатам анализа собственных колебаний здания сделан вывод о том, что, изменяя жесткости элементов каркаса, можно подбирать его динамические характеристики для определения оптимального варианта проектного решения конструкций.

Ключевые слова: метод конечных элементов, динамический расчет, собственные колебания зданий, параметры собственных колебаний, жесткость элементов каркаса.

Благодарности. Авторы выражают благодарность рецензентам, чья критическая оценка представленных материалов и высказанные предложения по их совершенствованию способствовали значительному повышению качества настоящей статьи.

Для цитирования. Котенко, М. П. Регулирование параметров собственных колебаний пространственного каркаса здания в программном комплексе ЛИРА / М. П. Котенко, И. Ф. Развеева, С. А. Иванченко, А. А. Федчишена // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 1. — С. 33–39. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-33-39

Original article

Regulation of the Natural Oscillations Parameters of a Building Spatial Frame in the LIRA Software

Maria P. Kotenko ✉, Irina F. Razveeva, Sergey A. Ivanchenko, Anastasia A. Fedchishena

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ maria.kotencko2016@yandex.ru

Abstract

Introduction. In recent years many researchers have become interested in applying the various types of finite element method to studying of the buildings oscillation problems. In recent decades the finite element method is being successfully used for natural oscillations analysis along with the physical modeling. The scaled physical modeling and experimental approaches are also suitable for solving the complex problems. The main aim of our research is to identify the dependence of dynamic characteristics of a building frame on geometric characteristics of the frame elements. The objective of this research is to make an analysis and overview of the topic, to determine the scientific deficit, to conduct numerical and experimental studies, to formulate conclusions, to model and analyse the results. The scientific novelty consists in the possibility to use the obtained data on building frame natural oscillations depending on the geometric characteristics of the frame elements as an optimal rigidness ratio. The practical significance of the research consists in development of specific analytical relations for choosing a building frame design solution with an optimal natural frequencies parameter to be used in design and construction practice.

Materials and methods. The creation and calculation of the finite element model was carried out in the LIRA software package.

Results. As a result of calculation the frequencies and periods of building frame natural oscillations were obtained.

Discussion and conclusions. Based on the results of the building natural oscillations analysis the conclusion was made that by changing the frame elements rigidity it's possible to select its dynamic characteristics to find the optimal design solution of structures.

Keywords: finite element method, dynamic calculation, buildings natural oscillations, natural oscillations parameters, frame elements rigidity.

Acknowledgements: The authors express their gratitude to the reviewers, whose critical assessment of the submitted materials and shared suggestions on their improvement have immensely enhanced the quality of this article.

For citation. M. P. Kotenko, I. F. Razveeva, S. A. Ivanchenko, A. A. Fedchishena. Increasing the strength and rigidity of reinforced concrete eccentrically compressed elements with carbon fiber reinforcement. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 1, pp. 33–39. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-33-39

Введение. Актуальной проблемой современных зданий и сооружений является, с научной точки зрения, недостаточная изученность взаимосвязи различных факторов, приводящих к колебанию этих зданий и сооружений, а с практической точки зрения — некоторый дефицит прикладных решений противодействия таким колебаниям. В последние годы многие исследователи заинтересовались применением различных типов метода конечных элементов для изучения собственных колебаний здания. Наряду с применением метода конечных элементов моделирование в различных программных комплексах также успешно используется. Привлекательные аспекты этого моделирования в возможности изучения сложных систем и процессов, происходящих в заданной конструкции.

Моделирование в программных комплексах является распространенным методом при исследовании собственных колебаний зданий, инициируемых подземными туннелями, в районах с повышенной сейсмичностью для предотвращения последующих аварийных ситуаций. Динамический расчет является эффективным методом, который позволяет получить реальные параметры собственных колебаний.

Основная цель исследования заключается в следующем. Выявить зависимость динамических характеристик каркаса здания от геометрических характеристик элементов этого каркаса.

Задача данного исследования: анализ и обзор по теме, определение научного дефицита, проведение численных и экспериментальных исследований, формулирование выводов, моделирование, анализ результатов.

Научная новизна состоит в том, что полученные данные по собственным колебаниям каркаса здания в зависимости от геометрических характеристик элементов этого каркаса можно использовать в качестве оптимального соотношения жесткостей.

Практическая значимость исследования состоит в разработке конкретных аналитических взаимосвязей для выбора варианта проектного решения каркаса здания с оптимальным параметром собственных частот в практику проектирования и строительства.

Материалы и методы. Моделирование пространственного каркаса здания было сделано в программном комплексе ЛИРА. Расчет строительной конструкции выполнялся с использованием метода конечных элементов. Полученные результаты были обработаны с помощью методов математической статистики и обработки результатов.

Исходные данные для расчета были взяты из обобщенной отечественной практики по проектированию зданий.

Для расчета была представлена модель со следующими параметрами: пространственный каркас здания имеет 12 этажей, прямоугольную форму с размерами в плане 44×20 м, высоту 54 м. Сетка конечных элементов задана с шагом 500×500 мм. Количество элементов в заданном каркасе здания составило 40524. Количество узлов — 39 148.

Колонны — монолитные железобетонные с сечением 500×500 мм — средний ряд и 1000×500 мм — крайний ряд.

Плиты перекрытия и покрытия — монолитные железобетонные толщиной 250 мм.

Класс бетона колонн и плит перекрытия был задан маркой В25.

Конструктивная схема здания — монолитный железобетонный каркас с колоннами и плоскими безбалочными перекрытиями.

Район строительства был выбран со следующими параметрами: снеговой район III, ветровой район II, тип местности B.

Модель пространственного каркаса представлена на рис. 1.

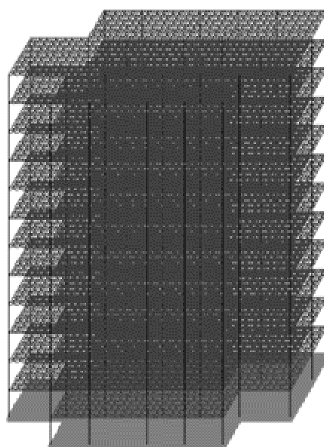


Рис. 1. Модель 12-этажного здания, созданная в ПК ЛИРА (рисунок авторов)

В качестве нагрузок учитывались: собственный вес конструкции, вес перегородок и инженерного оборудования, снеговая нагрузка, полезная нагрузка, статическая ветровая нагрузка, пульсационная ветровая нагрузка.

Для упрощения расчета модели пространственного каркаса здания работа основания не учитывалась.

При выполнении анализа учитывались 10 форм собственных колебаний здания. Виды форм колебаний представлены на рис. 2.

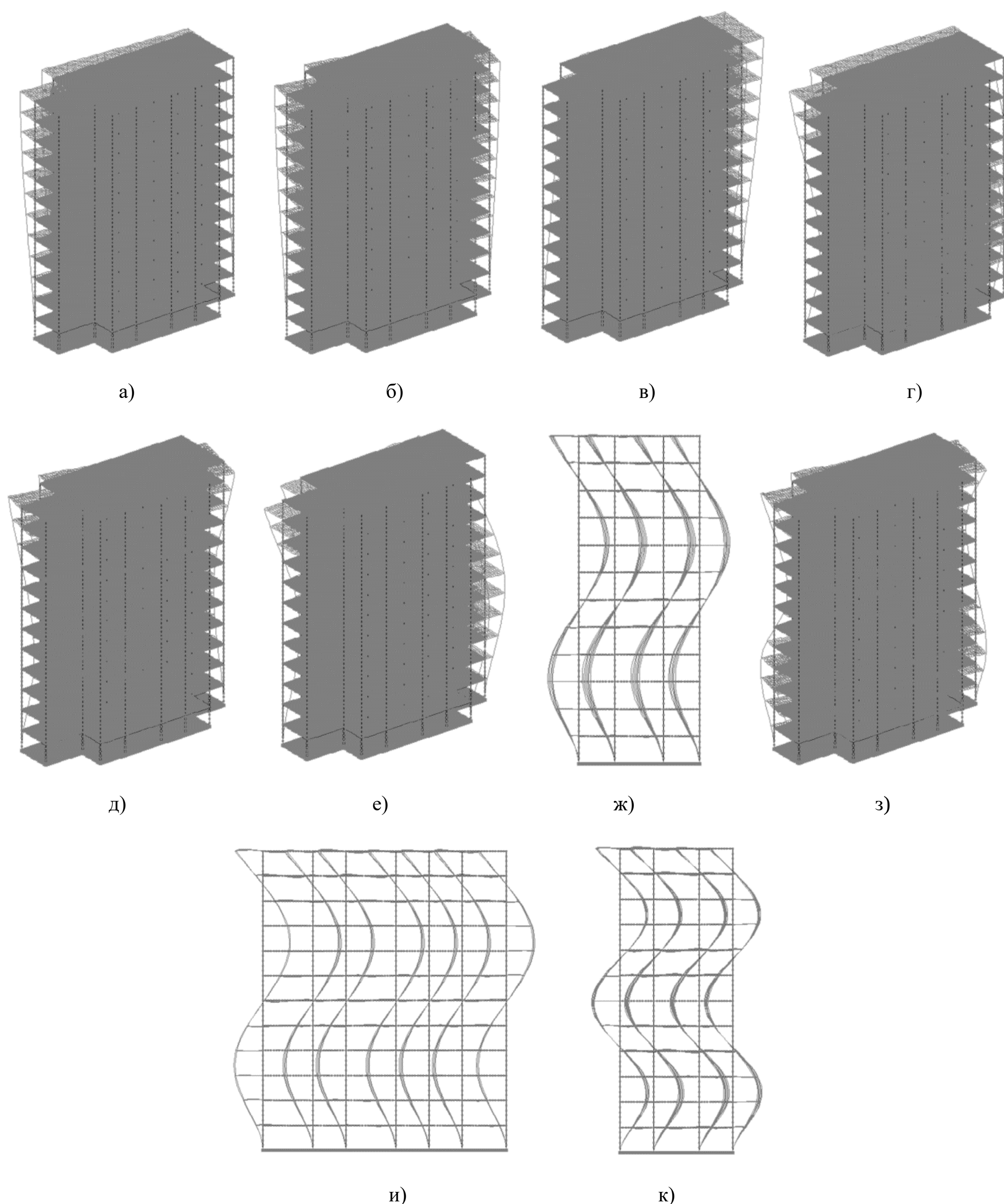


Рис. 2. Формы собственных колебаний здания (рисунок авторов)

а) форма 1; б) форма 2; в) форма 3; г) форма 4; д) форма 5; е) форма 6; ж) форма 7; з) форма 8; и) форма 9; к) форма 10

Исследование влияния геометрических характеристик отдельных элементов каркаса здания было проведено 8 раз. Данные с исходными вариативными характеристиками элементов пространственного каркаса здания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика сечений элементов пространственного каркаса здания

№ Варианта	Сечение колонны крайнего ряда, мм	Сечение колонны крайнего ряда, мм	Толщина плиты перекрытия, мм
1	500×1000	500×500	250
2	400×800	400×400	250
3	300×600	300×300	220
4	300×600	300×300	200
5	500×1000	500×500	220
6	600×1200	600×600	250
7	400×800	400×400	200
8	500×1000	400×400	220

Результаты исследования. Был проведен численный эксперимент на программном комплексе ЛИРА. Результаты от варьирования параметров сечения элементов пространственного каркаса здания приведены ниже.

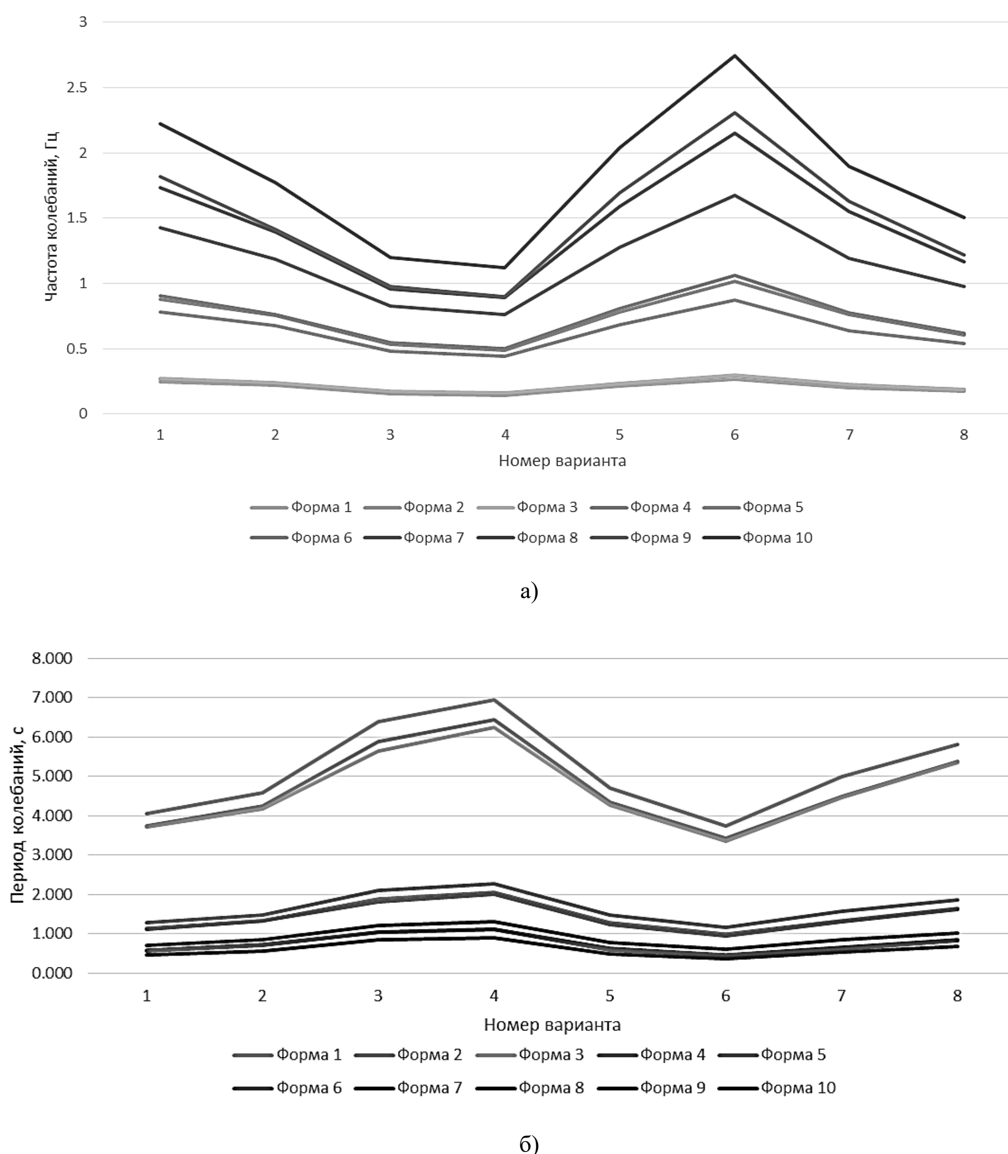


Рис. 3. Результаты динамического расчета: а) частота собственных колебаний; б) период колебаний (рисунок авторов)

На рис. 3а представлены данные собственных колебаний зданий, собранные в график, показывающий, что самый оптимальный вариант соотношения жесткостей представлен в опыте № 4. Для этого варианта расчета были получены минимальные частоты и максимальный период собственных колебаний.

Для варианта расчета № 6 были получены значения собственных частот, превышающие в среднем в 1,13 раза значения варианта № 4 и в 0,52 раза был уменьшен период собственных колебаний.

Обсуждение и заключения. Полученные результаты отличаются от результатов других авторов тем, что был произведен анализ взаимосвязи динамических и геометрических параметров для выбора оптимального варианта для удовлетворения условиям надежности конструкции. В данном исследовании не производился расчет сейсмостойкости и возможного восприятия вибрации здания.

В настоящем исследование продемонстрировано моделирование типичного двенадцатиэтажного железобетонного каркаса здания и расчет с помощью метода конечных элементов в программном комплексе ЛИРА, который позволяет выполнять различные вариации проектных решений.

Установлена аналитическая зависимость динамических характеристик каркаса здания от геометрических характеристик элементов каркаса здания.

Определены основные факторы, влияющие на собственные частоты и периоды колебания зданий, такие как геометрия строительной системы.

Предлагается внедрение полученных результатов в практику проектирования, что может привести к улучшению выбора варианта проектного решения каркаса здания с оптимальными параметрами и будет способствовать соответствующим изменениям в строительной отрасли.

Библиографический список

1. Vibration Analysis of Asymmetric-Plan Frame Buildings Using Transfer Matrix Method / K. B. Bozdogan, D. Ozturk // Math. Comput. Appl. — 2010. — Vol. 15, No 2. — P. 279–288. — DOI: https://doi.org/10.3390/mca15020279

2. Effect of Foundation Geometry and Structural Properties of Buildings on Railway-Induced Vibration: An Experimental Modeling / M. Mousavi-Rahimi, J. A. Zakeri, M. Esmaeili // Buildings. — 2022. — Vol.12, No 5. — P. 604. — DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12050604

3. Орехов, В.В. Оценка параметров землетрясений и собственных колебаний массивных сооружений на территории Ирана / В. В. Орехов, А. А. Мохамад // Вестник МГСУ. — 2008. — № 2. — С. 37–40.

4. Соболев, В. И. Синтез динамических систем при ограничениях на частоты собственных колебаний / В. И. Соболев, Н. Ф. Туан // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2013. — № 9 (80). — С. 89–95.

5. Нестеренко, А.М. Комплекс динамических параметров для анализа технического состояния строительных систем / А. М. Нестеренко, М. Ю. Нестеренко // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2018. — № 1. — С. 8.

6. Агаханов, Э. К. Регулирование параметров собственных колебаний пространственного каркаса здания / Э. К. Агаханов, Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. — 2016. — Т. 42, № 3. — С. 8–15.

7. Зинатуллин, А. В. Особенность динамических откликов элементов конструкций зданий повышенной этажности / А. В. Зинатуллин, О. А. Ковальчук // Вестник ТГАСУ. — 2013. — № 1 (38). — С. 59–64.

8. Кравченко, Г. М. Исследование собственных колебаний здания сложной параметрической формы / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, И. Ю. Данилейко, В. А. Думбай // Молодой исследователь Дона. — 2019. — № 6 (21). — С. 41–47.

9. Хазов, П.А. Определение частот собственных колебаний многоэтажных эданий / П.А. Хазов, О.М. Кофорова // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 4–4 (13). — С. 83–86.

10. Земцова, О. Г. Определение периода и формы собмтвенных колебаний зданий и сооружений при сейсмическом воздействии с учетом податливости основания / О. Г. Земцова // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 5 (77). — С. 546–552.

11. Могилюк, Ж. Г. Нормативные проблемы расчета динамических параметров зданий и сооружений / Ж. Г. Могилюк, В. В. Подувальцев // Компетентность. — 2020. — № 9–10. — С. 22–30.

Поступила в редакцию 16.11.2022

Поступила после рецензирования 25.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

Об авторах:

Котенко Мария Павловна — студент Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) ORCID, maria.kotencko2016@yandex.ru

Развеева Ирина Федоровна — старший преподаватель кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, razveevai@mail.ru

Иванченко Сергей Анатольевич, компания Реопласт, Донской государственный технический университет (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), sergey.ivanchenko@rheoplast.ru

Федчишена Анастасия Анатольевна — студент Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), afedchishena@mail.ru.

Заявленный вклад авторов:

И. Ф. Развеева, М. П. Котенко — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов. С. А. Иванченко, А. А. Федчишена — анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.